



## ارزیابی صدای محیطی و مواجهه‌ی فردی در یک مجتمع پتروشیمی

پروین نصیری<sup>۱</sup>، محمد رضا منظم<sup>۲</sup>، سمیه فرهنگ دهقان<sup>۳</sup>، مهدی جهانگیری<sup>۴</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۱/۲۷

تاریخ ویرایش: ۹۱/۱۰/۰۲

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۶/۰۱

### چکیده

**زمینه و هدف:** صدا خطر شغلی معمول در گستره وسیعی از محیط‌های کاری بخصوص صنایع نفت و گاز و شرکت‌های مرتبط محسوب می‌شود. لذا این مطالعه با هدف ارزیابی صدای محیطی و مواجهه‌ی فردی پرسنل یک مجتمع پتروشیمی صورت گرفت.

**روش بررسی:** در فاز اول این مطالعه، صداسنجی محیطی طبق متد استاندارد ISO9612 انجام و در فاز بعدی آن دزیمتری کوتاه مدت بمدت دو ساعت بهنگام حضور افراد در سایت صورت گرفت. سپس مقدار حاصله به دز ۴ ساعت تبدیل و در نهایت از عدد حاصله به‌مراه تراز معادل اندازه‌گیری شده در اتاق استراحت استفاده گردید تا تراز معادل ۸ ساعته تعیین شود.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که در کل مجتمع حدود ۸۸٪ از مجموع ایستگاه‌های اندازه‌گیری در محدوده خطر و بیش از ۷۴٪ از آنها در محدوده احتیاط قرار داشت. با مقایسه نتایج مشخص گردید که واحد هوا از مجموع سه واحد آب، هوا و نیروگاه با میانگین تراز فشار صوت ۸۸.۸۹ دسی‌بل A و بخش فشرده‌سازی آن با میانگین تراز فشار صوت ۹۳.۲۸ دسی‌بل A در بین سایر قسمت‌های این مجتمع از تراز لحظه‌ای بالاتری برخوردار هستند. نتایج حاصل از دزیمتری اپراتورهای مجتمع نشان داد که بطور متوسط تراز معادل ۸ ساعته آنها در واحد آب، هوا و نیروگاه به ترتیب ۸۱.۷، ۸۹.۲ و ۸۲.۵ دسی‌بل A می‌باشد.

**نتیجه‌گیری:** اندازه‌گیری‌های محیطی و فردی صدا نشان داد که واحد هوا یکی از حادث‌ترین شرایط را از دیدگاه آلودگی صوتی در بین واحدهای دیگر دارا می‌باشد. این مطالب موید ضرورت شناسایی منابع اصلی صدا ساز و اولویت‌بندی بخش‌های مختلف این واحد صنعتی جهت اجرای طرح‌های کنترل آلودگی می‌باشد.

**کلیدواژه‌ها:** آلودگی صوتی، صداسنجی محیطی، دزیمتری، صنعت پتروشیمی

### مقدمه

عروقی، غیبت‌های استعلاجی، اظهار خستگی افراد به همراه گستره وسیعی از دیگر شاخص‌های سلامت فیزیکی همگی می‌توانند به مواجهه با صدا مرتبط گردند. صدا اثرات غیر مستقیمی نیز بر سلامت پرسنل مانند تأثیر بر پاسخ‌های فیزیولوژیکی (تغییر در میزان ضربان قلب، فشار خون، تولید آدرنالین و غیره) دارد. پاسخ‌های روانشناختی مرتبط با صدا نیز می‌توانند عوارض خاص خود را بر بهداشت روان افراد داشته باشد؛ بویژه اگر به یک محیط پر استرس، معضل صدا نیز اضافه گردد. همچنین صدا می‌تواند بر کیفیت و کمیت خواب انسان تأثیرگذار باشد [۶-۷]. صنایع پتروشیمی از جمله صنایع مادر تلقی می‌شود و توسعه اقتصادی کشور را در زمینه‌های مختلف صنعتی و

صدا معمولاً به عنوان صوت ناخواسته تعریف می‌شود. مسئله‌ی صدا به هیچ وجه یک پدیده‌ی جدید نیست اما در سده‌ی اخیر با سرعت روز افزون صنعتی شدن و نیز گسترش ماشین‌آلات قدرتمند و با سرعت بالا به عنوان یکی از معضلات صنایع مطرح شده است [۴-۱]. صدا خطر شغلی معمول در گستره وسیعی از محیط‌های کاری مانند صنایع آهن و فولاد، ذوب فلز، چوب، نساجی، هوایی، شیمیایی و بسیاری از صنایع دیگر محسوب می‌شود [۵]. مواجهه با صدا به جز کاهش شنوایی به عنوان یکی از شاخص‌ترین عارضه مواجهه با آن، پیامدهای سوء دیگری بر سلامتی انسان دارد. در محیط‌های صنعتی بروز مشکلات قلبی و

۱- استاد گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

۲- دانشیار گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

۳- (نویسنده مسئول) دانشجوی دکتری بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران. farhang@razi.tums.ac.ir

۴- استادیار گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت و تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران.

ماهشهر نزدیک به ۷۰ هزار هکتار است که مطالعه مذکور در مجتمع ۳۰ هکتاری آن واقع در سایت ۴ صورت گرفته که از ۳ واحد مجزا شامل نیروگاه، تصفیه آب و تفکیک و فشرده سازی هوا تشکیل شده است.

### روش بررسی

در این طرح پژوهشی واحدهای مختلف مجتمع پتروشیمی فجر تحت بررسی قرار گرفت. در فاز اول تحقیق پس از جمع آوری اطلاعات اولیه شامل نقشه‌ها، محل استقرار منابع صوتی و شرایط عملیاتی ماشین آلات جمع‌آوری شد و صداسنجی محیطی طبق متد استاندارد (ISO9612 (1997) به منظور تعیین میزان آلودگی صوتی در واحد های مختلف این مجتمع و شناسایی منابع اصلی مولد صدا صورت پذیرفت [۱۱]. انجام این روش نیازمند استفاده از روش اندازه‌گیری شبکه‌ای منظم است. در این حالت واحد تحت بررسی با مساحت بزرگتر از ۱۰۰ متر مربع به مربعات مساوی (۱۰ متر در ۱۰ متر) تقسیم گردیده و مراکز این مربعات به عنوان نقاط اندازه‌گیری تعیین می‌گردد [۳-۴]. در مواردی که مربع تعیین شده روی یک دستگاه یا محلی قرار گیرد که قابل اندازه‌گیری نیست آن نقطه بعنوان نقطه کور از جمع نقاط اندازه‌گیری حذف می‌شود که در این طرح تحقیقاتی محل‌هایی چون ساختمان‌های اداری، اتاق‌های کنترل، کارگاه‌ها و محل‌های غیر قابل اندازه‌گیری در سایت به عنوان نقاط کور در نظر گرفته شده‌اند. از آنجایی که در این مجتمع صنعتی صدای محیط از نوع پیوسته بوده و تغییرات صدا با توجه به زمان کم است در هر نقطه حداقل سه مرتبه صدا اندازه‌گیری و میانگین این سه قرائت بعنوان تراز صدا در ایستگاه مورد نظر قرار گرفت. با توجه به هدف تحقیق که ارزیابی آلودگی صوتی مجتمع بود شبکه A به عنوان مقیاس مورد اندازه‌گیری تراز صدا، انتخاب گردید. جهت میکروفن مطابق توصیه استاندارد ISO9612 در موقعیت سر افراد البته بدون حضور آنها قرار گرفت. فاصله میکروفن دستگاه صدا سنج تا سطح زمین حدود  $0.075 \pm 1.55$  متر در نظر گرفته شد. در

کشاورزی فراهم می‌آورد. نتایج مطالعات مختلفی که در صنایع نفت و گاز و شرکت‌های مرتبط صورت گرفته حاکی از آن است که گاهی تماس با صدا خارج از محدوده مجاز آن (dBA۸۵) می‌باشد. با توجه به اینکه این صنایع حجم قابل توجهی از نیروی کار کشور را تحت پوشش دارند، اهمیت و ضرورت انجام این مطالعه تحقیقاتی بیشتر آشکار می‌گردد. تحقیقی با هدف بررسی صدا و ارتعاشات مکانیکی در منطقه عملیاتی لاوان توسط نصیری انجام شد. نقشه‌های صوتی بیانگر بالاتر بودن تراز فشار صدا از حدود مجاز مواجهه بود. تحلیل دز دریافتی کارکنان نیز نتایج مشابهی نشان داد [۸]. گل محمدی و همکارانشان به بررسی خصوصیات انتشار صدای منابع نقطه‌ای و ارائه طرح کنترل صدا برای سه منبع (کمپرسورها، پمپ‌ها و شیرهای کنترل) واحد کنترل شماره‌ی یک و ایزوماکس پالایشگاه تهران پرداختند که نتایج حاکی از آن بود که تراز فشار وزنی و ماکزیمم صوت حاصل از این منابع بالاتر از حدود توصیه شده است [۹]. در مطالعه دیگری که به منظور بررسی روش‌های کنترل مهندسی در مجتمع پتروشیمی اصفهان بوسیله گلشاه صورت گرفت نتایج نشان می‌داد که میانگین تراز فشار صوت در اکثر واحدهای این مجتمع صنعتی بالاتر از حد آستانه مجاز می‌باشد. اصولاً در صنایع نفت و پتروشیمی صدای زیادی تولید می‌گردد که این امر ناشی از نوع فرآیند تولیدی، وجود هوا و بخار آب در سیستم به عنوان نیروی محرکه موتورها، کمپرسورها و انجام تبدلات حرارتی می‌باشد، که می‌توان گفت عمده صدا تولیدی مربوط حرکت سیالات و لوله‌کشی - های مربوطه از یک طرف و از طرف دیگر دوران موتورها و کمپرسورها در عملیات پالایشی می‌باشد [۱۰].

شرکت پتروشیمی فجر بعنوان تامین کننده انرژی منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی تعیین شده است که وظیفه آن تولید و توزیع مداوم انرژی برای شرکت‌های تولیدی و فرآیندی در منطقه می‌باشد. کل مساحت این شرکت در دو سایت ۲ و ۴ منطقه ویژه اقتصادی

کوتاه مدت برای مواردی است که الگوی مواجهه کارگر دارای تناوب معینی باشد. در این روش برای هر بار مواجهه دزیمتری در یک دوره کوتاه زمانی (حداقل ۱۵ دقیقه) انجام و برای کل آن دوره دز دریافتی محاسبه می‌گردد. مطابق توصیه استاندارد ISO 9612 میکروفن دستگاه دزیمتر در فاصله ۱۰-۳۰ سانتیمتری از کانال خارجی گوش افراد روی یقه، شانه و یا کلاه حفاظتی آنها نصب شد [۱۱]. از آنجایی که اپراتور هر واحد بطور متوسط روزانه ۴ ساعت در سایت حضور دارد و بقیه ساعت کاری خود را در اتاق استراحت می‌گذراند دزیمتری کوتاه مدت بمدت دو ساعت به هنگام حضور افراد در سایت صورت گرفت و پس از قرائت دز دو ساعته از روی دستگاه، مقدار آن به دز ۴ ساعت (زمان واقعی مواجهه) با استفاده از معادله ۱ تبدیل و تراز معادل از روی دز ۴ ساعته (معادله ۲) محاسبه گردید [۱۳]. در نهایت از عدد حاصله به همراه تراز معادل اندازه‌گیری شده در اتاق استراحت استفاده گردید تا تراز معادل ۸ ساعته تعیین شود (معادله ۳).

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{D_2}{D_1} \quad \text{معادله ۱:}$$

معادله ۲:

تراز فشار صوت استاندارد + (زمان مواجهه (۱۰۰) / مقیاس زمان کار روزانه × دز صدا) = تراز معادل ۴ ساعته

معادله ۳:

$$leq_{8h} = 10 \log \left[ \frac{1}{8} \sum_{i=1}^n 10^{L_{p_i}/10} \times t_i \right]$$

$T_2$  - مدت زمان کاری فرد (۴ ساعت)

$T_1$  - مدت زمان اندازه‌گیری (۲ ساعت)

$D_2$  - دز محاسبه شده برای زمان کاری ۴ ساعته (%)

$D_1$  - دز اندازه‌گیری شده ۲ ساعته (%)

مقیاس زمان کار روزانه: ۸ ساعت، زمان مواجهه: ۴ ساعت،

تراز فشار صوت استاندارد: ۸۵ دسی بل

$L_{p_i}$  - تراز معادل اندازه‌گیری شده در اتاق استراحت و محل

مواردی که تراز فشار صوت نوسانات زیادی داشت جهت میکروفن بین ۱۰-۵۰ سانتی متر حرکت داده و مینیمم مدت اندازه‌گیری در هر ایستگاه حدود ۱۵ ثانیه در نظر گرفته شد [۱۱].

به منظور شناسایی منابع اصلی صدا ساز و نواحی خطر پس از اندازه‌گیری نتایج در غالب نقشه ناحیه‌بندی صوتی و نقشه خطوط هم‌تراز آماده گردید. بدین صورت که پس از آنکه اندازه‌گیری تراز فشار صوت در مرکز تمام ایستگاه‌ها به اتمام رسید، نتایج اندازه‌گیری روی جدول کدبندی شده مربوطه درج، و در مرحله بعد نقشه صوتی با توجه به سه محدوده از تراز فشار صوت با رنگ مربوطه ترسیم می‌شود. برای مناطق کمتر از ۶۵ دسی بل به رنگ سبز (منطقه ایمن)، مناطق ۶۵-۸۵ دسی بل با رنگ زرد (منطقه احتیاط) و مناطق مساوی یا بالاتر از ۸۵ دسی بل با رنگ قرمز (منطقه خطر) مشخص می‌گردند [۱۴-۱۲]. جهت رسم منحنی‌های ایزوسونیک از نرم افزار ARCGIS 9.1 و برای انجام محاسبات مورد نیاز در این طرح تحقیقاتی نرم افزارهای EXCEL2007 و SPSS16 مورد استفاده قرار گرفتند. لازم به ذکر است مجموع تعداد کارکنان در سه شیفت برای کل بخش‌های واحد آب و هوا و نیروگاه به ترتیب ۱۲، ۱۲ و ۱۸ نفر می‌باشد. با توجه به شرایط کاری مجتمع، امکان حضور پرسنل در هر سه ناحیه سبز، زرد و قرمز یکسان است.

در فاز دوم جهت ارزیابی مواجهه فردی از دستگاه دزیمتر صدا استفاده شد. دزیمتری قابل اعتمادترین روش برای اندازه‌گیری و ارزیابی مواجهه فردی است زیرا در طول شیفت کاری همراه شخص بوده و تماماً میزان مواجهه فردی را ثبت می‌نماید. دقت دزیمتری بدان علت است که در این روش کلیه زمان‌های مواجهه کارگر با ترازهای مختلف در طول شیفت محاسبه و با استفاده از تراز معادل دز دریافتی کارگر در یک شیفت کاری اندازه‌گیری می‌شود. با وجود محاسن ذکر شده برای آن دزیمتری ۸ ساعته (کل شیفت کاری) می‌تواند وقت گیر و پر هزینه باشد از این رو دو روش طولانی مدت و کوتاه مدت برای آن تعریف نموده‌اند. روش

جدول ۱: نتایج اندازه گیری صدای محیطی (dBA) در مجتمع پتروشیمی فجر

واحد	قسمت	حدود تقریبی (زیر بنا مترمربع)	تعداد ایستگاه اندازه گیری	تعداد نقاط کور	میانگین لگاریتمی تراز فشار صوت	انحراف معیار	حداقل تراز فشار صوت	حداکثر تراز فشار صوت
آب	محوطه RO	۳۰۴۰۰	۱۶۶	۱۳۸	۷۸/۶۰	۲۸/۴	۵/۶۷	۸/۸۶
	محوطه DM، کندانس، آشامیدنی، بلودان و برج خنک کننده	۱۳۰۰۰	۱۰۰	۳۰	۵۹/۸۳	۰۳/۵	۵/۷۱	۳/۹۴
هوا	محوطه آب آتش نشانی	۱۲۰۰۰	۷۳	۴۷	۵/۷۳	۳/۵	۲/۶۳	۵/۸۲
	محوطه پیش تصفیه	۳۸۰۰۰	۱۸۶	۱۹۴	۰۶/۶۸	۵/۶	۲/۵۱	۸۲
	سایر (مخازب آب)	۷۰۰۰	۵۸	۱۲	۴۷/۶۳	۴/۲	۵۷	۶۷
	مجموع	۱۰۰۴۰۰	۵۸۳	۴۲۱	۰۹/۷۸	۷/۴	۲/۵۱	۳/۹۴
	تفکیک	۱۰۰۰۰	۹۶	۴	۶۶/۸۷	۲۶/۶	۹/۶۹	۷/۹۶
	فشرده سازی	۲۴۰۰	۲۲	۲	۲۸/۹۳	۹۹/۶	۸/۷۶	۲/۱۰۱
نیروگاه	سایر	۲۶۰۰	۱۷	۹	۲/۸۰	۲۶/۶	۷/۷۴	۸۶
	مجموع	۱۵۰۰۰	۱۳۵	۱۵	۸۹/۸۸	۶۳/۶	۹/۶۹	۲/۱۰۱
	GT11-GT15	۱۸۰۰۰	۱۴۰	۴۰	۰۴/۸۱	۰۱/۴	۷۱	۸۸
	GT16-17	۱۵۶۰۰	۱۳۱	۲۴	۶۷/۷۸	۷۲/۲	۷۲	۸۸.۸
	مولد بازیافت حرارتی	۵۴۰۰	۴۶	۸	۴۶/۷۹	۰۴/۳	۲/۷۳	۸۵
	سیستم توزیع بخار	۲۵۰۰	۲۵	-	۲/۸۳	۴۹/۳	۷۸	۴/۸۹
	بوپلرهای کمکی	۳۵۰۰	۳۵	-	۱۱/۸۴	۲۳/۴	۸/۷۰	۷/۹۴
مجموع	۴۴۹۰۰	۳۷۷	۷۲	۸۲/۸۱	۴۹/۳	۸/۷۰	۷/۹۴	

کار سایت من،  $t_1$ - زمان مواجهه های مربوطه.

تمام اندازه گیری ها در شیفیت صبح و در هوایی صاف و آفتابی (متوسط دما: ۳۰ درجه ی سانتیگراد، رطوبت: ۵۴٪، فشار ۲۱۴ میلیمتر جیوه و سرعت وزش باد بسیار آرام - Calm) انجام گرفت. تجهیزات اندازه گیری مورد استفاده در این مطالعه پژوهشی شامل صداسنج B&K مدل ۲۲۳۶، دزیمتر CEL 320 و کالیبراتورهای مربوطه بود و به منظور حصول نتایج دقیق و واقعی تر تجهیزات مورد استفاده قبل از شروع هر بار اندازه گیری توسط کالیبراتور چک می گردید.

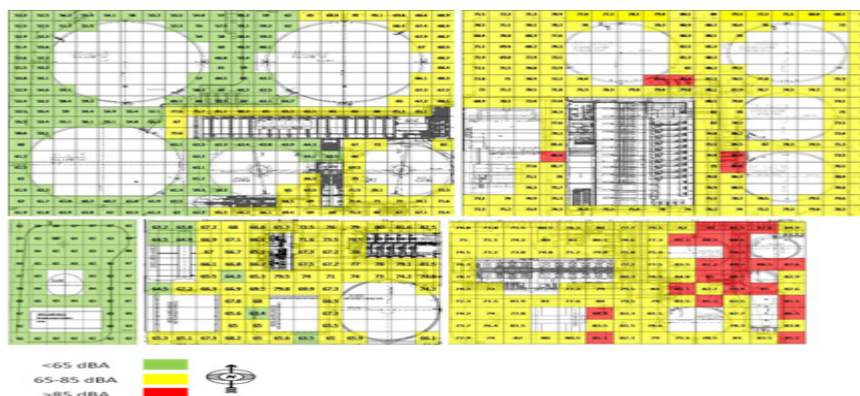
### یافته ها

مجتمع پتروشیمی فجر وظیفه تامین هوا، آب، بخار و نیتروژن واحدهای پتروشیمی و برق کل منطقه ویژه را بر عهده دارد. این شرکت به صورت پیوسته در سه شیفیت صبح، عصر و شب به تولید می پردازد. از مهمترین منابع آلودگی صوتی در اکثر بخش های این مجتمع می توان به انواع پمپ های آب به خصوص پمپ های سانتریفیوژی افقی، الکتروموتورها، حرکت

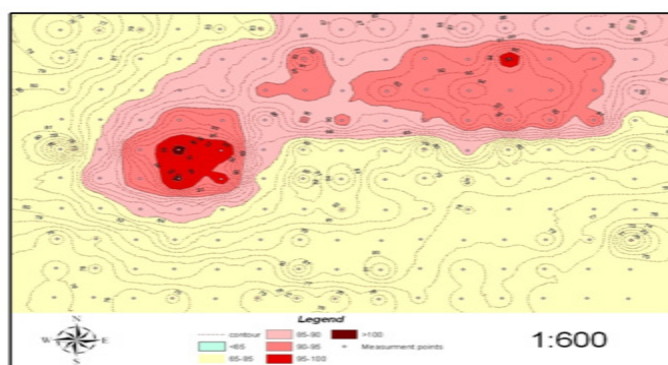
سیالات در سیستم و لوله ها، کمپرسورها، توربین گازی، ژنراتور و استک ها (دودکش ها) اشاره نمود. در مجموع حدود ۵۰۸ ایستگاه یعنی حدود ۳۱.۵٪ از مساحت تحت بررسی به عنوان نقطه کور در نظر گرفته شد و در حدود ۱۰۹۵ ایستگاه اندازه گیری نیز تراز فشار ثبت گردید.

### اندازه گیری صدای محیطی و فردی در واحد

**تصفیه آب:** واحد آب این مجتمع از بخش هایی چون واحد پیش تصفیه، واحد اسمز معکوس (RO)، واحد آب بدون املاح (DM) و واحد آب آتش نشانی تشکیل شده است. واحد تهیه آب آشامیدنی، واحد تصفیه آب کندانس، برج خنک کننده و سیستم بلودان، اتاق کنترل، ساختمان تهیه مواد شیمیایی و... از دیگر بخش های جنبی این واحد می باشند. واحد آب نسبت به دو واحد دیگر بیشترین مساحت مجتمع پتروشیمی فجر را بخود اختصاص داده است. همانطور که از جدول ۱ نیز مشهود است حداکثر تراز فشار صوت در کل واحد آب به ۹۴ دسی بل (A) (مربوط به محوطه DM) و حداقل به ۵۱ دسی بل (A) (مربوط به محوطه پیش تصفیه) می رسد و



شکل ۱. نقشه صوتی واحد آب مجتمع پتروشیمی فجر



شکل ۲. منحنی ایزوسونیک واحد هوا مجتمع پتروشیمی فجرش

میانگین تراز فشار صوت در فضاهای باز واحد آب (۷۸.۰۲ دسی بل A) و سوله‌های واحد آب (۸۴.۴ دسی بل A) نیز تقریباً ما را به این عدد می‌رساند. طبیعی است نتایج دزیمتری با میانگین تراز فشار صوت لحظه‌ای محوطه، سوله‌ها و تراز معادل اتاق استراحت تقریباً برابری داشته باشد. نقشه صوتی واحد آب در شکل ۱ مشهود است.

### اندازه‌گیری صدای محیطی و فردی در واحد

هوا: واحد هوای مجتمع پتروشیمی فجر در نیمه شمالی این مجتمع واقع شده و متشکل از دو بخش کلی تفکیک هوا و فشرده‌سازی هوا است. بخش تفکیک هوا شامل سه بخش مجزا و کاملاً مشابه با نام‌های Train 1, 2, 3 به همراه مخازن نگهداری نیتروژن و اکسیژن مایع به همراه تجهیزات آنها می‌باشد. اجزای اصلی هر Train را کمپرسورها، میدل‌های حرارتی، برج آب میرد، درام‌های غربال مولکولی و برج‌های جذب

بطور میانگین تراز فشار صوت این واحد در بخش‌های مختلف حدود ۷۸ دسی بل (A) است. همانطور که ذکر شد بالاترین میانگین تراز فشار صوت را محوطه DM داشته و آن نیز به علت وجود پمپ‌های سانتریفیوژی فراوان در این منطقه می‌باشد. همانطور که قبلاً ذکر شد در هر شیفت، حدود ۴ سایت‌من در واحد آب مشغول به فعالیت می‌باشند که بمنظور ارزیابی مواجهه فردی آنها دزیمتری به مدت ۲ ساعت در زمان حضورشان در سایت صورت گرفت. نتایج دزیمتری و محاسبات مربوطه جهت تعیین تراز معادل ۸ ساعته در جدول ۲ آمده است. طبق جدول میانگین تراز معادل ۸ ساعته برای تمام سایت‌من‌های واحد آب بطور متوسط ۸۱.۷۶ دسی بل A می‌باشد یعنی یک سایت‌من واحد آب در طول ۸ ساعت کاری بطور میانگین با تراز فشار صوت حدود ۸۱.۷۶ دسی بل مواجهه دارد که این مقدار کمتر از حدود مجاز توصیه شده می‌باشد. نتایج محاسبه

جدول ۲. نتایج اندازه گیری صدای فردی (dBA) در مجتمع پتروشیمی فجر

اختلاف تراز معادل ۸ ساعته با حد مجاز مواجهه (۸۵ دسی بل A)	تراز معادل ۸ ساعته (دسی بل A)	محل های حضور						واحد
		اتاقی استراحت		سایت				
		تراز معادل مواجهه (دسی بل A)	مدت زمان مواجهه (ساعت)	تراز معادل (دسی بل A)	دز دریافتی (%)	مدت زمان اندازه گیری (ساعت)	مدت زمان مواجهه (ساعت)	
۱/۴	۴/۸۶	۴/۶۲	۴	۴/۸۹	۶۹	۲	۴	آب
-۵/۲	۷/۷۹	۴/۶۲	۴	۷/۸۲	۱۵	۲	۴	
-۷/۸۹	۱۱/۷۷	۴/۶۲	۴	۰۵/۸۰	۸	۲	۴	
-۱۲/۱	۹/۷۲	۴/۶۲	۴	۸/۷۵	۳	۲	۴	هوا
۶/۰۲	۰۲/۹۱	۲/۵۷	۴	۰۳/۹۴	۲۰۰	۲	۴	
۴/۸	۸۹/۸	۲/۵۷	۴	۹/۹۲	۱۵۵	۲	۴	
۲/۷۸	۷۸/۸۷	۲/۵۷	۴	۷۹/۹۰	۹۵	۲	۴	نیروگاه
۱/۶	۶/۸۶	۲/۵۷	۴	۷/۸۹	۷۵	۲	۴	
۰/۹	۹/۸۵	۲/۶۹	۴	۹/۸۸	۶۲	۲	۴	
۰/۰۵	۰۵/۸۵	۲/۶۹	۴	۰۱/۸۸	۵۰	۲	۴	
-۱/۵	۸۳/۵	۲/۶۹	۴	۴۶/۸۶	۳۵	۲	۴	
-۳/۳	۷/۸۱	۲/۶۹	۴	۶/۸۴	۲۳	۲	۴	
-۵/۲	۸/۷۹	۲/۶۹	۴	۷/۸۲	۱۵	۲	۴	
۶/۸	۲/۷۸	۲/۶۹	۴	۰۲/۸۱	۱۰	۲	۴	
-۱۲/۱	۹/۷۲	۴/۶۲	۴	۸/۷۵	۳	۲	۴	

مجاورت ساختمان‌های اداری بود. در قسمت‌های شمالی واحد هوا، بیشترین تمرکز ناحیه خطر وجود دارد یعنی محوطه کمپرسورها که این ناحیه تا بخش درایر واحد فشرده‌سازی ادامه دارد. شاید اینطور بتوان اظهار کرد که واحد هوا از نقطه نظر آلودگی صوتی یکی از حادث‌ترین شرایط را در بین واحدهای دیگر دارا می‌باشد؛ بطوریکه نتایج دزیمتری نیز موید همین مطلب است. در شکل ۲ منحنی ایزوسونیک این واحد قابل دسترسی می‌باشد.

**اندازه‌گیری صدای محیطی و فردی در واحد نیروگاه:** واحد نیروگاه این مجتمع قادر به تولید نیروی الکتریسته و بخار فرآیندی می‌باشد. بطور کلی این واحد شامل ۷ توربین گازی (GT)، ۴ واحد تولید بخار و ۳ بویلر کمکی می‌باشد. این واحد از دو بخش تولید برق و بخار تشکیل می‌شود که بخش تولید برق آن شامل توربین گازی، کمپرسور، ژنراتور، گیربکس و بخش توزیع برق و کنترل است و در بخش تولید بخار نیز مولد بازیافت حرارتی، بویلر کمکی، سیستم توزیع بخار، سیستم اضافه کردن مواد شیمیایی و نمونه‌برداری قرار

تشکیل می‌دهند. کمپرسور، برج‌های Air Receiver و Air Dryer نیز از اجزای اصلی بخش فشرده‌سازی محسوب می‌شوند. همگی کمپرسورها توسط محفظه‌های صوتی پوشیده شده‌اند ولی با این حال تنوع منابع تولید صدا و ویژگی‌های خاص عملیاتی این واحد مثل مکش و دمش هوا، پمپاژ آب، عملیات تصفیه، فرایندهای خشک کردن هوا (رطوبت زدایی) و حرکت سیال در لوله‌ها و خروج ناگهانی آنها از سیستم، آن را به یکی از پرمخاطره‌ترین بخش‌های این مجتمع از دیدگاه آلودگی صوتی تبدیل نموده است. نتایج اندازه‌گیری صدای محیطی و فردی در این واحد در جداول ۱ و ۲ درج شده است. میانگین تراز فشار صوت در کل این واحد بیش از ۸۸ دسی بل A محاسبه گردید این در حالی است که تراز صدا حتی به ۱۰۱ دسی بل A هم در بخش فشرده‌سازی می‌رسد. این تراز در نزدیکی دستگاه‌های Air Dryer به ثبت رسیده است. این دستگاه با کمک جاذب‌های آلومینای خود رطوبت را از هوای سرویس حذف می‌نماید. کمترین تراز ثبت شده مربوط به قسمت جنوب شرقی بخش تفکیک در

دارای تراز بالای ۹۰ دسی بل هستند. حداکثر و حداقل تراز ثبت شده در مجموع ایستگاههای اندازه‌گیری کل مجتمع به ترتیب برابر با ۱۰۱ (مربوط به واحد هوا) و ۵۱.۲ دسی بل (مربوط به واحد آب) شد یعنی حدود ۵۰ دسی بل اختلاف بین حداقل و حداکثر میزان تراز صوت در این مجتمع وجود دارد. واحد آب این مجتمع علی‌رغم اینکه حدود ۶۲٪ از کل مساحت نواحی تحت بررسی را بخود اختصاص می‌دهد با این حال فقط ۲۵۰۰ متر مربع از آن (۴.۲٪) در ناحیه خطر قرار دارد و تنها قسمتی است که بخشی از آن (حدود ۳۱٪) از نقطه نظر آلودگی صوتی در ناحیه ایمن واقع شده است. در بین بخش‌های مختلف این واحد تنها در محوطه‌های DM و RO تراز بالای ۸۵ به ثبت رسد و محوطه DM با اختصاص دادن ۸۰٪ نواحی خطر واحد آب شرایط نامناسب‌تری را از این حیث دارد. بالاترین میانگین تراز فشار و حداکثر تراز ثبت شده در واحد مذکور نیز مربوط به همین بخش می‌شود. کمترین میزان تراز نیز مربوط به بخش پیش تصفیه است که این محوطه دارای ۶۸٪ از نواحی ایمن واحد آب می‌باشد. واحد هوای این مجتمع با وجود مساحت اندک خود نسبت به دو واحد دیگر (حدود ۹٪ محدوده مورد بررسی) اما سهم اعظمی از نواحی خطر مجتمع را به خود اختصاص می‌دهد. حدود ۳۸.۵٪ ایستگاه‌های اندازه‌گیری آن تراز بالاتر از ۸۵ دسی بل A را داشته و البته ۵۵٪ نواحی خطر آن دارای تراز بالای ۹۰ دسی بل می‌باشند. مقایسه میانگین لگاریتمی تراز فشار صوت در بین سه واحد نیز ما را به نتایج مشابه رهنمون می‌سازد بطوریکه واحد هوا با میانگین تراز ۸۸.۸ دسی بل A، اختلاف ۱۰.۷ دسی بلی با میانگین تراز واحد آب و ۷ دسی بلی با واحد نیروگاه دارد. ۷۶٪ ایستگاه‌های اندازه‌گیری واحد هوا در بخش تفکیک است و ۳۸ درصد از این بخش در ناحیه خطر قرار می‌گیرد با این حال بالاترین میانگین و حداکثر تراز فشار صوت این واحد در بخش فشرده سازی دیده شد. حدود ۹۵٪ نقاط تحت بررسی واحد نیروگاه دامنه‌ی تراز بین ۶۵ تا ۸۵ دسی بل A داشتند. در هیچ نقطه‌ای از این واحد تراز

دارد. ایزوله کردن محفظه احتراق، ژنراتور و کمپرسورهای توربین‌های گازی و نیز نصب سایلنسر در خروجی بخار سیستم توزیع بخار کمک شایان توجهی در کاهش تراز صدای محیط نموده است. تراز فشار صوت در داخل اتاقک‌های ژنراتور حتی به ۱۰۰ دسی بل هم می‌رسد. نتایج ارزیابی آلودگی صوتی در بخش‌های مختلف واحد نیروگاه بشرح جدول ۱ می‌باشد. طبق نتایج در محوطه بویلرهای کمکی بالاترین تراز فشار صوت واحد نیروگاه به چشم می‌خورد. بالاترین میانگین تراز فشار نیز در این محوطه دیده می‌شود. بعد از آن سیستم توزیع بخار با میانگین ۸۳.۳ دسی بل قرار دارد. در این محوطه پمپ‌های سانتریفیوژی آب و نیز دو هواگیر (Deaerator) که در ارتفاع حدود ۲۰ متری از سطح زمین نصب شده‌اند صدای قابل توجهی تولید می‌نمایند. اگرچه نتایج حاصل از دزیمتری پرسنل این واحد نیز بیانگر آن است که در مجموع میزان مواجهه آنها پایین تر از حدود توصیه شده است اما این اختلاف اندک بوده و در بعضی موارد نیز نتایج مرزی و حتی بالاتر از حد استاندارد می‌باشد.

### بحث و نتیجه گیری

**تفسیر نتایج اندازه‌گیری صدای محیطی:** با توجه به نتایج اندازه‌گیری‌ها می‌توان بیان کرد که در مجموع سه واحد آب، هوا و نیروگاه مجتمع پتروشیمی فجر میانگین تراز فشار صوت در حدود ۸۵.۲ دسی بل A می‌باشد. از کل ۱۰۹۵ ایستگاه اندازه‌گیری این مجتمع تنها ۱۶.۷٪ آن در ناحیه ایمن با تراز زیر ۶۵ دسی بل A قرار داشت. قسمت اعظمی از محدوده مورد بررسی (حدود ۷۴.۵٪) در ناحیه هشدار با تراز بین ۶۵ تا ۸۵ دسی بل A و چیزی در حدود ۸.۸٪ نیز در ناحیه خطر با تراز بالاتر از ۸۵ دسی بل قرار گرفت که البته سهم عمده‌ای (۵۴٪) از ناحیه خطر این مجتمع مربوط به واحد هوای آن می‌شد. شایان ذکر است که طبق محاسبات حدود ۲۴ درصد از کل نواحی احتیاط نقاط مورد بررسی این مجتمع تراز صدایی بین ۸۰-۸۵ داشته و از مجموع نواحی خطر این مجتمع ۳۳.۴٪

مختلف این واحد باشد. زیرا با وجود تنوع بخش‌های مختلف این واحد با ترازهای لحظه‌ای متفاوت امکان چنین موردی بدیهی است. ضمن آنکه وجود سوله‌های صداساز این واحد نیز شرایط مواجهه اپراتور را با تراز حدود ۹۴ دسی‌بل عملی می‌سازد. با در نظر گرفتن متوسط میانگین تراز لحظه‌ای محوطه‌های واحد آب، میانگین تراز لحظه‌ای سوله‌های آن و نیز تراز معادل اتاق استراحت (۸۰ دسی‌بل A) به عدد مشابه میانگین تراز معادل ۸ ساعته پرسنل (۸۱.۷ دسی‌بل A) می‌رسیم. کمترین تراز معادل ۸ ساعته برای واحد هوا ۸۶.۶ دسی‌بل A محاسبه گردید که این مقدار تنها تفاوت ۴ دسی‌بلی با حداکثر تراز معادل محاسبه شده (۹۱.۰۲ دسی‌بل) دارد، این مورد بیانگر شرایط تقریباً یکنواخت واحد هوا می‌باشد. واحد نیروگاه نیز همچون واحد آب با دارای تراز فشار صوت وسیعی در بخش‌های مختلف خود است. بطوریکه در قسمت‌هایی از آن میانگین تراز لحظه‌ای ۷۹ دسی‌بل است اما در بخش توربین و ژنراتورها احتمال مواجهه پرسنل با تراز حدود ۱۰۰ دسی‌بل هم وجود دارد. از اینرو تفاوت حداقل و حداکثر تراز معادل ۸ ساعته این واحد حدود ۱۳ دسی‌بل برآورد گردید. قاعدتاً بسته به شرایط کاری هر واحد ساعت‌های حضور پرسنل در داخل سایت می‌تواند متفاوت باشد. قضاوت درست در خصوص میزان واقعی مواجهه منوط به تکرار اندازه‌گیری در روزها و زمان‌های مختلف است. زیرا برحسب شرایط کاری می‌تواند محل‌های حضور، طول مدت مواجهه و در نتیجه میزان مواجهه تا حدی متفاوت باشد و در طول روز کاری گاهی تراز فشار صوت به بیش از این مقدار و یا کمتر از آن برسد.

در کل یافته‌های ما نشان می‌داند میانگین فشار صوت لحظه‌ای در کل مجتمع پتروشیمی تحت بررسی بالاتر از حدود مجاز و تراز معادل مواجهه پرسنل آن کمی پایین‌تر از مقادیر توصیه شده می‌باشد که بحث آلودگی صوتی را در این مجتمع پررنگ‌تر می‌نماید و این مشابه نتایج مطالعات دیگری است که در دیگر صنایع نفتی صورت گرفته است [۳، ۴، ۸-۱۰]. که

کمتر از این رنج ثبت نگردید، ضمن آنکه حدود ۵ درصد ایستگاه‌های مورد اندازه‌گیری آن در ناحیه خطر واقع می‌شدند که بیشتر این نقاط در بخش GT11-15 قرار می‌گیرند. بخش GT11-15 با وجود تعداد ایستگاه‌های اندازه‌گیری بیشتر تنها حدود ۶٪ از آن در ناحیه خطر قرار دارد. البته بخش سیستم توزیع بخار با ۶٪ کل مساحت نقاط اندازه‌گیری نیروگاه ۲۶٪ نواحی خطر این واحد را در بر می‌گیرد. بالاترین میانگین و حداکثر تراز فشار این واحد نیز مربوط به بخش بویلرهای کمکی می‌شود. از ۳۵۰۰ متر مربع تحت بررسی این بخش حدود ۴۰۰ متر مربع آن دارا تراز بالاتر از حدود توصیه شده می‌باشد.

**تفسیر نتایج اندازه‌گیری صدای فردی:** از آنجایی که شرایط کاری پرسنل در طول روز متفاوت بوده و در نتیجه مدت و میزان مواجهه آن نیز می‌تواند فرق داشته باشد بهترین مقیاس اندازه‌گیری و ارزیابی مواجهه، تراز فشار صوت معادل می‌باشد که در واقع همان معدل زمانی تراز به شمار می‌آید و این تراز معادل برای مقایسه با مقادیر استاندارد استفاده می‌گردد. نتایج حاصل از دزیمتری کلیه اپراتورهای شیفت صبح مجتمع نشان می‌داد که بطور متوسط تراز معادل ۸ ساعته آنها در واحد آب، هوا و نیروگاه بترتیب ۸۱.۷، ۸۹.۲ و ۸۲.۵ دسی‌بل A می‌باشد. این نتایج تاییدی بر نتایج اندازه‌گیری فشار صوت لحظه‌ای در بخش‌های مختلف است. یعنی واحد هوا همچنان بعنوان پرخطرترین بخش این مجتمع چه از دیدگاه میزان تراز معادل و چه تراز لحظه‌ای محسوب می‌شود. میانگین تراز معادل واحد هوا در حدود ۴.۲ دسی‌بل از حدود مجاز فراتر رفته است، البته حداکثر تراز لحظه‌ای این واحد به ۱۰۰ دسی‌بل هم می‌رسد. میانگین تراز معادل دو واحد دیگر کمتر از حدود توصیه شده است اگرچه تراز هر دوی آنها بالای ۸۰ دسی‌بل A می‌باشد. حداقل و حداکثر تراز معادل محاسبه شده برای واحد آب ۷۲.۹ و ۸۶.۴ دسی‌بل A است یعنی حدود ۱۳.۵ دسی‌بل اختلاف بین آنها وجود دارد که این می‌تواند ناشی از حضور سایت من‌ها در قسمت‌های





Refinery Center and Presenting Control Methods, Journal of Research in Health Sciences, 2010,10, 22-30.

4. Monazzam, M.R. Golmohammadi, R. Nourollahi, M. and Momen Bellah Fard, S. Assessment and control design for steam vent noise in an oil refinery, Journal of Research in Health Sciences, 2011,11, 14-19.

5. Goelzer, B. Hansen, C.H. Sehrndt, G.A. Occupational exposure to noise: evaluation, prevention and control. WHO, 2001, Chapter 5.

6. Aluclu, I. Dalgic, A. Toprak, Z.F, 2008. A fuzzy logic-based model for noise control at industrial work places. Applied Ergonomics. 39, 368-378.

7. Thais C Morata1, Mark B Little 2. Suggested guidelines for studying the combined effects of occupational exposure to noise and chemicals on hearing. 2002 Volume 4(14) P: 73-87.

8. Nassiri, P. Zare, M. Golbabaei, F. 1386. Evaluation of noise pollution in oil extracting region of Lavan and the effect of noise enclosure on noise abatement. Salamat Kar Iran, Vol. 4(3,4), pp. 49-56.

9. Golmohammadi, R. Monazzam, M.P. Nourollahi, M. Noise characteristics of pumps at Tehran oil refinery and control module design. Pak.j.sci.Ind.Res, 2009 Volume 52(3), pp. 167-172.

10. Golshah, H. 1997. Engineering control methods in the oil industry. The first scientific congress on noise and its effects on human, 63 [Persian].

11. International Organization for Standardization. Acoustics - Determination of occupational noise exposure - Engineering method. ISO 9612, 2009.

12. Monazzam, M. Shiri, H. Fard, S. and Baroonizadeh, Z. A. Noise Pollution Survey in an Iranian Tobacco Products Company, Nature, Environment and Pollution Technology, 2011, 10, 497-503.

13. Golmohammadi, R. Noise and Vibration Engineering, Daneshjoo, Hamedan, Iran, 2007 [Persian].

14. Occupational Safety and Health Administration. Monitoring noise levels non-mandatory informational appendix, 1910.95 App GO. OSHA, 1996.

همگی این مطالب ضرورت شناسایی منابع اصلی صدا ساز و اولویت‌بندی بخش‌های مختلف این مجتمع جهت اجرای طرح‌های کنترل آلودگی را تایید می‌نماید. پس از انتخاب اولویت‌های نخست و تعیین منابع اصلی صدا در آن بخش نوبت بررسی اثر بخشی انواع اقدامات کنترلی مناسب آن محل می‌رسد که البته در بحث مدیریت ریسک صدا مسلماً بحث هزینه کنترل و بازگشت سرمایه از موارد مهم و تعیین‌کننده تلقی می‌شود. در این مرحله با توجه به شرایط کار اقدامات کنترلی متفاوتی می‌توان پیشنهاد نمود ب عنوان مثال ترکیبی از روش‌های گوناگون کنترل‌های مهندسی مثل پسیو، اکتیو و حفاظت فردی با روش‌های مدیریتی می‌توان اتخاذ نمود.

### تقدیر و تشکر

بدین وسیله نویسندگان از مرکز HSE شرکت ملی صنایع پتروشیمی به عنوان حامی مالی این پروژه و همین‌طور از پرسنل واحد HSE شرکت تحت بررسی قدرانی می‌نماید. این مقاله حاصل بخشی از پایان نامه تحت عنوان ارزیابی آلودگی صدا و ارتعاش وامکان سنجی روش‌های کنترل آنها در یک مجتمع پتروشیمی در مقطع کارشناسی ارشد می‌باشد که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران اجرا شده است.

### منابع

1. National Aeronautics and Space Administration (NASA). Handbook for Industrial Noise Control, NASA SP-5108, NASA Langley Research Center Hampton. Virginia, USA, 1981, Chapter 1.

2. European Agency for Safety and Health at Work. Noise at work. EU-OSHA, 2012.

3. Golmohammadi, R. Monazzam, M.R. Nourollahi, M. Nezafat, A. and Momen Bellah Fard, S. Evaluation of Noise Propagation Characteristics of Compressors in Tehran Oil

## The assessment of the environmental noise and personal exposure in a petrochemical plant

P. Nassiri<sup>1</sup>, M.R. Monazzam<sup>2</sup>, S. Farhang Dehghan<sup>3</sup>, M. Jahangiri<sup>4</sup>

Received: 2012/08/22

Revised: 2012/12/22

Accepted: 2013/04/18

### Abstract

**Background and aims:** Noise is considered as a common occupational health hazard in a wide range of occupational settings including oil and gas industries and related companies. This research aimed to assess the environmental noise and personal exposure in a petrochemical plant.

**Methods:** First, environmental noise measurement was performed as recommended by ISO9612 (1997) and next, short-term dosimetry was conducted for a 2-hour sampling period, during which individuals worked at Site. Then 4-hour dose was calculated based on 2-hour dose, and finally 8-hour equivalent level was estimated by 4-hour dose and equivalent sound levels were measured in the resting rooms.

**Results:** The results showed that 8.8% of total stations measured have been in the danger zone and more than 74% of them were in the caution zone. It was found that the Air unit has the higher sound pressure level than the other units and Compression part of Air unit with a mean of 93.28 dB A and the peak level of 101.2 dB A has the highest noise level recorded. According to personal noise dosimetry results, the 8-hour equivalent level in Water, Air and Powerhouse was 81.7, 89.2 and 82.5 dB A respectively.

**Conclusion:** The results of environmental and personal noise monitoring suggested that Air unit has the most noise pollution in the petrochemical plant. Therefore, it is necessary to identify the dominant sources of noise and prioritize different units to control the noise pollution of the industry.

**Keywords:** Noise Pollution, Environmental Noise Measurement, Dosimetry, Petrochemical Industry.

1. Professor, Department of Occupational Health, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

2. Associate Professor, Department of Occupational Health, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

3. **(Corresponding author)** PhD Student, Department of Occupational Health, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. farhang@razi.tums.ac.ir

4. Assistant Professor, Department of Occupational Health, School of Public Health and Nutrition, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran.